

Reconocimiento Automático de Texto Braille

Reconocimiento Automático
de Texto Braille

Autor: A. C. Héctor Ferraro

Directora: Mg. Claudia Russo





Indice

- Motivación
- Objetivos de la Tesis
- Sistema Braille
- Técnicas Utilizadas
- Pruebas y Resultados Obtenidos
- Conclusiones
- Trabajos Futuros



Motivación

El desarrollo de una herramienta de reconocimiento automático de texto Braille podría ser útil en los siguientes escenarios:

- Reimpresión de incunables Braille.
- Ambito educativo.
- Ambito administrativo público o privado.



Objetivos de la Tesis

- Desarrollo de una herramienta que permita reconocer los caracteres de una hoja Braille y obtener el texto digital correspondiente.
- Estudio de técnicas de tratamiento digital de imágenes.



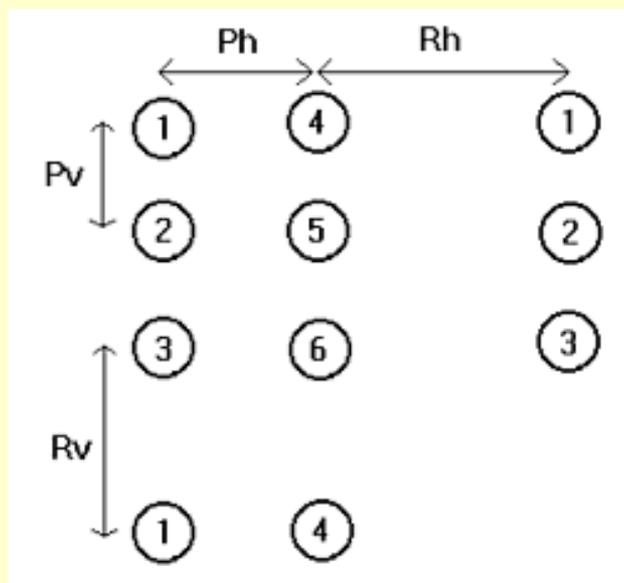
Sistema Braille

- Medio táctil de lectura y escritura, a través de la yema de los dedos, que consiste en unos puntos en relieve organizados de forma parecida a los del dominó.
- Inventado por el francés Louis Braille en 1827.
- No es un idioma, es un alfabeto.
- El llamado signo generador, del cual parten todos los símbolos tiene seis puntos.
- Se tienen 64 símbolos posibles.
- Las distancias entre puntos son estándar.



Sistema Braille

Estructura del Código Braille



Los valores de Ph, Rh, Pv y Rv son un estandar y sus valores son:

Ph = 2.5 mm

Pv = 2.5 mm

Rh = 5 mm

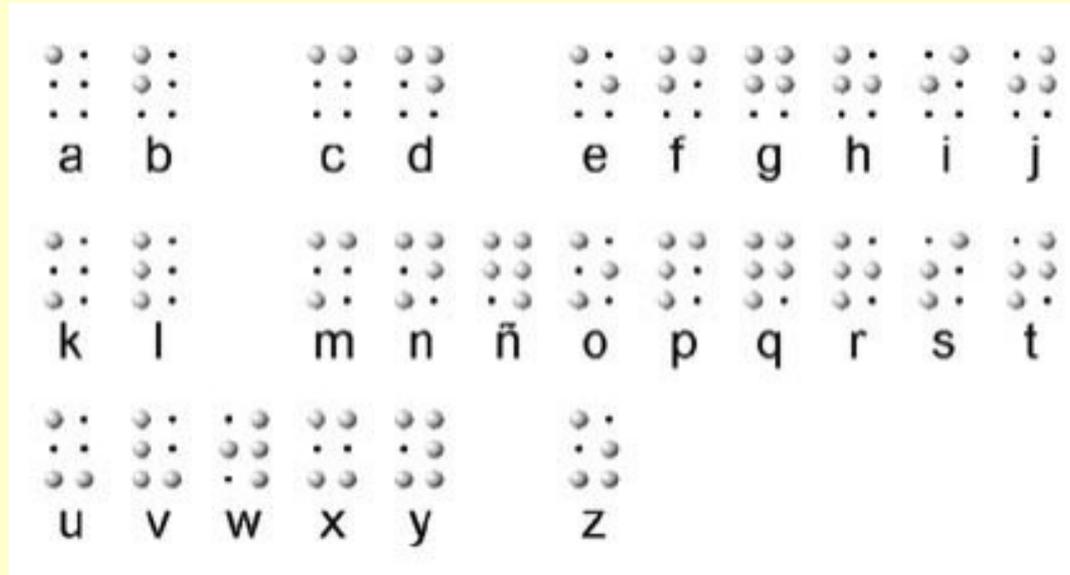
Rv = 5 mm

Algunas veces se usan valores mayores para facilitar la lectura a personas con capacidad táctil reducida o que están aprendiendo a leer Braille.



Sistema Braille

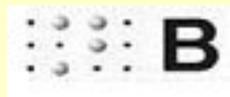
Alfabeto Braille - Letras



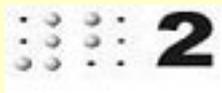


Sistema Braille

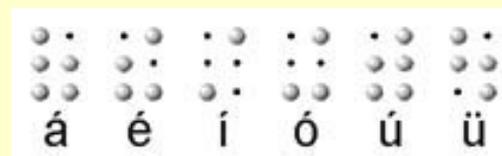
Alfabeto Braille – Otros símbolos



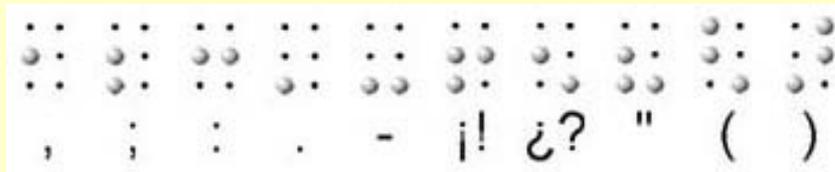
Mayúsculas



Números



Vocales Acentuadas



Signos de Puntuación



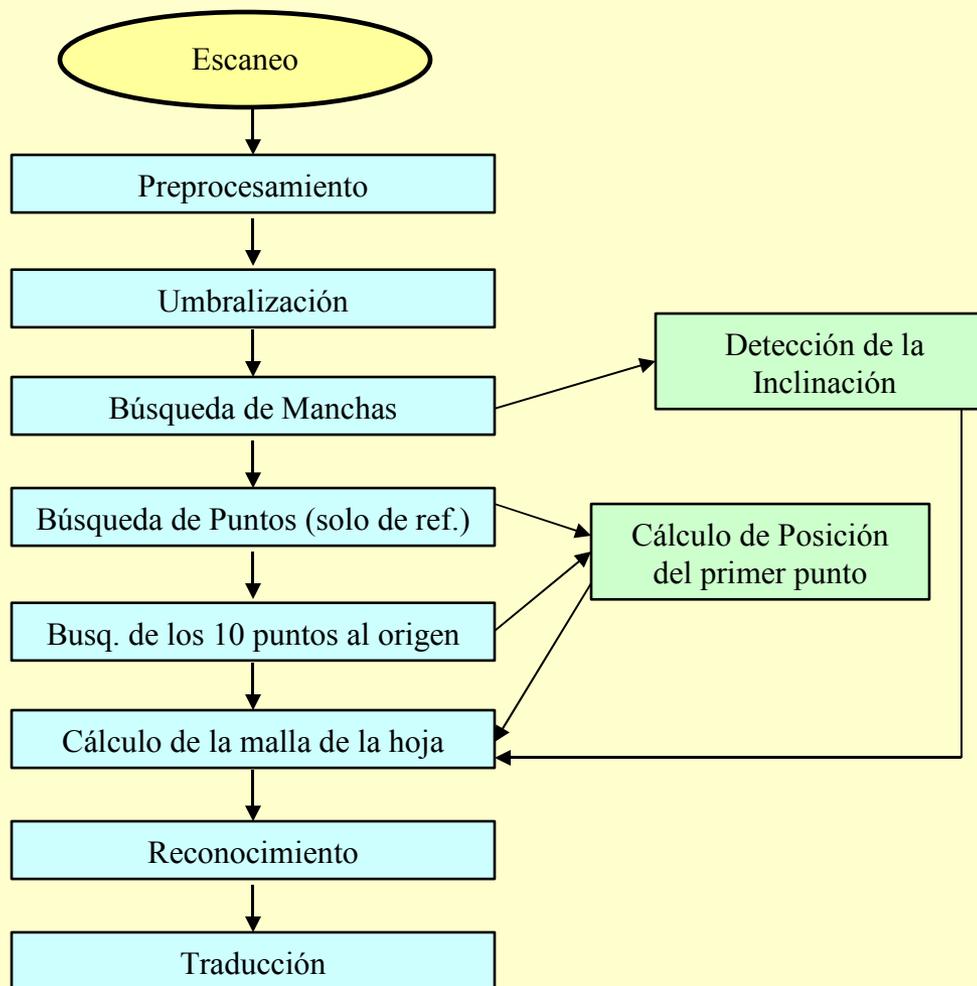
Técnicas Utilizadas

Problemas Detectados

- Ruido en la adquisición
- Inclinación de la hoja
- Documentos en mal estado
- Las distancias entre puntos no siempre coinciden
- Hojas Braille de tamaño mayor que A4
- Braille Interpunto

Técnicas Utilizadas

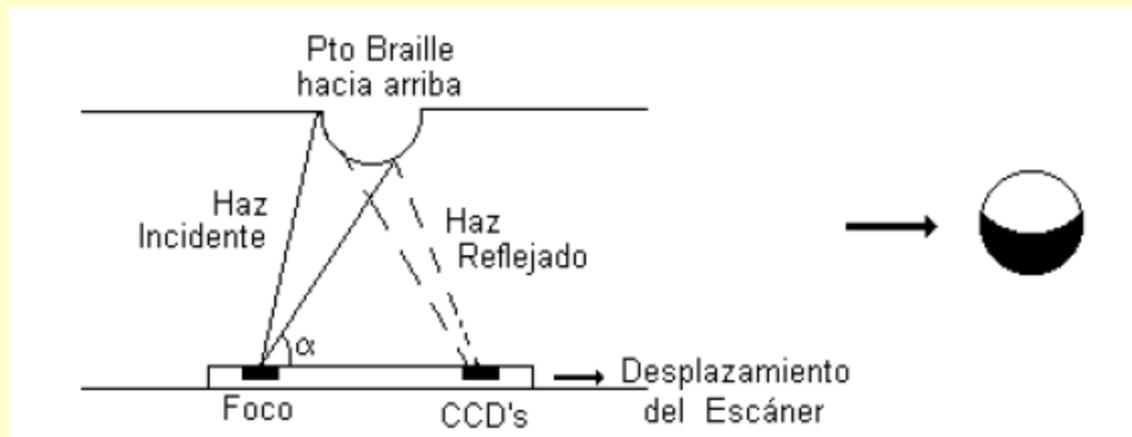
Etapas para el Reconocimiento Automático



Técnicas Utilizadas

1) Escaneo de la Hoja

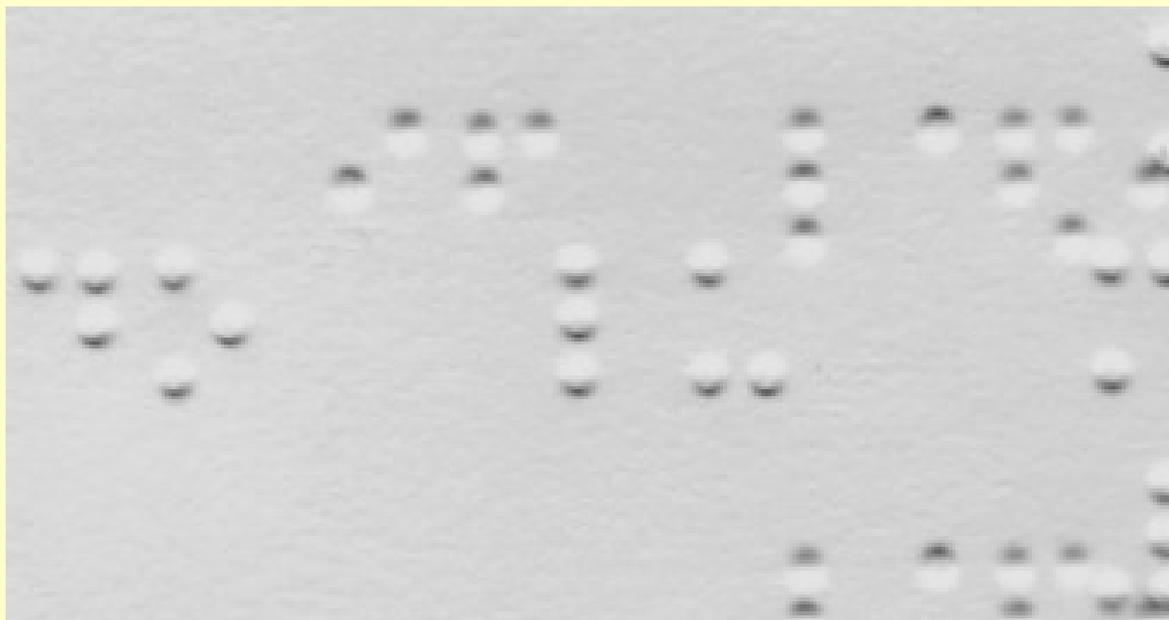
- Se realiza con un escaner convencional color, aprovechando el hecho de que al menos uno de sus tres haces de luz se presenta inclinado.
- Restricción: Si el escaner es monocromo y el haz de luz incide perpendicularmente a la hoja, no se puede obtener una imagen.





Técnicas Utilizadas

1) Escaneo de la Hoja



Fragmento de una hoja escaneada con un escaner convencional

Los puntos Braille vienen dados por zonas brillantes y oscuras cercanas casi en la misma vertical.



Técnicas Utilizadas

1) Escaneo de la Hoja - Parámetros de Adquisición

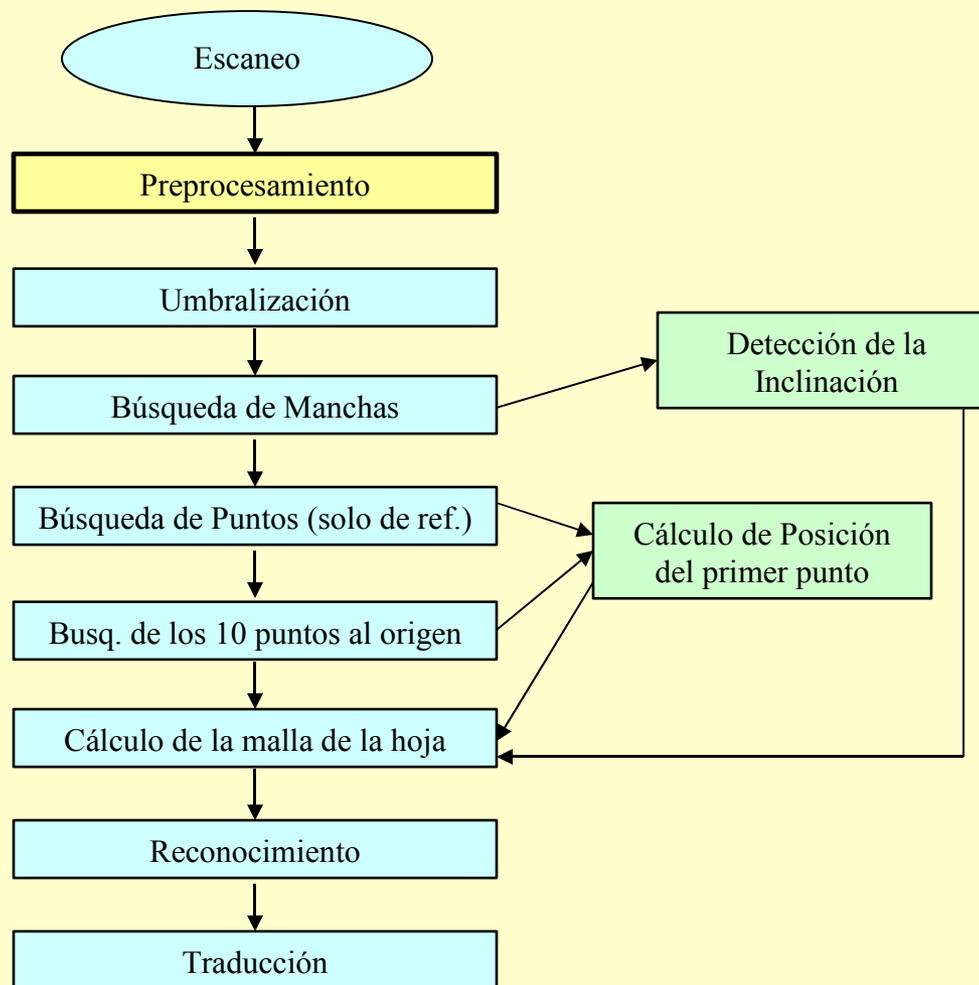
- Resolución de escaneo: Se obtuvieron buenos resultados escaneando a 150 o 300 DPI (pixels por pulgada).
- Contraste: Se realizaron pruebas escaneando hojas Braille con diferentes niveles de contraste. Algunas no fueron aptas para el reconocimiento.



Imagen no apta para su reconocimiento

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





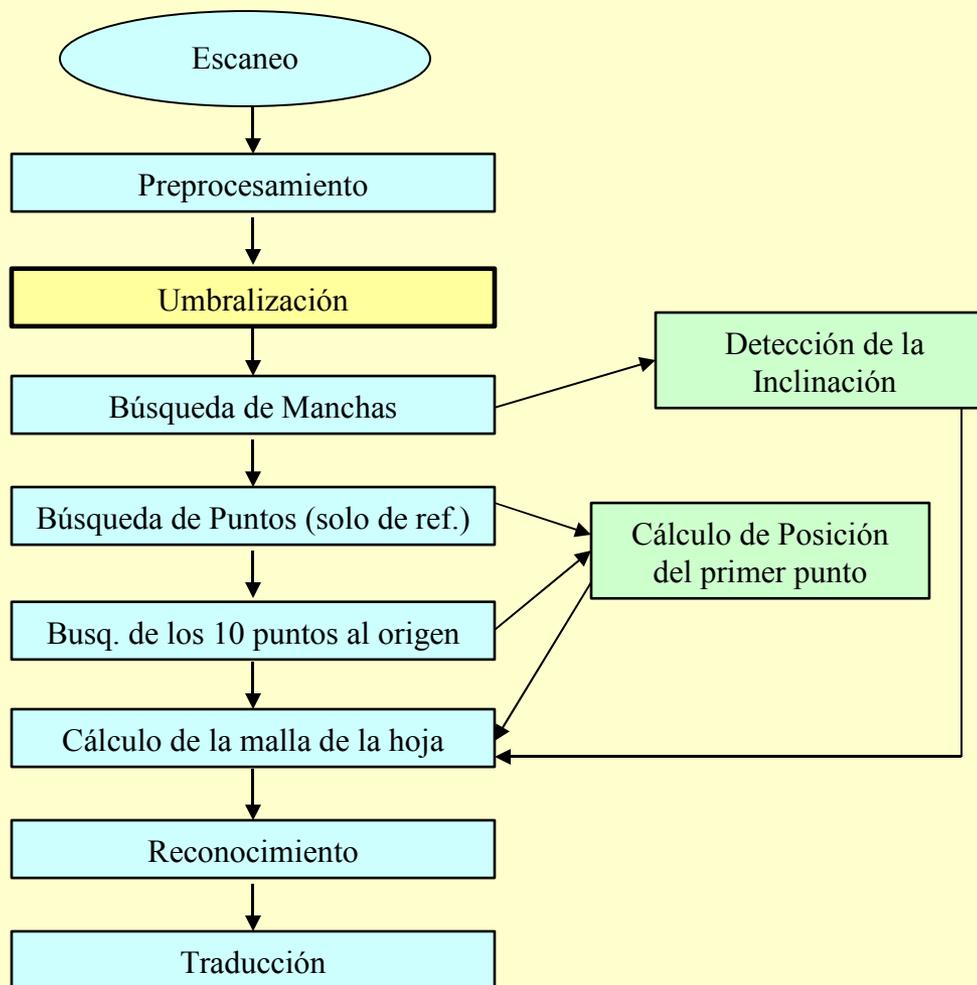
Técnicas Utilizadas

2) Preprocesamiento de la Imagen

- Si la imagen no está en escala de grises habrá que convertirla.
- De ser necesario habrá que aplicar algún tipo de filtro para minimizar el ruido introducido por el escaner al momento de la adquisición.

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





Técnicas Utilizadas

3) Umbralamiento de la Imagen

Se aplica a la imagen una doble umbralización para llevara a una imagen en tres colores:

Si representamos la imagen como una función f donde $f(x, y)$ es el nivel de gris para la fila 'x' columna 'y'

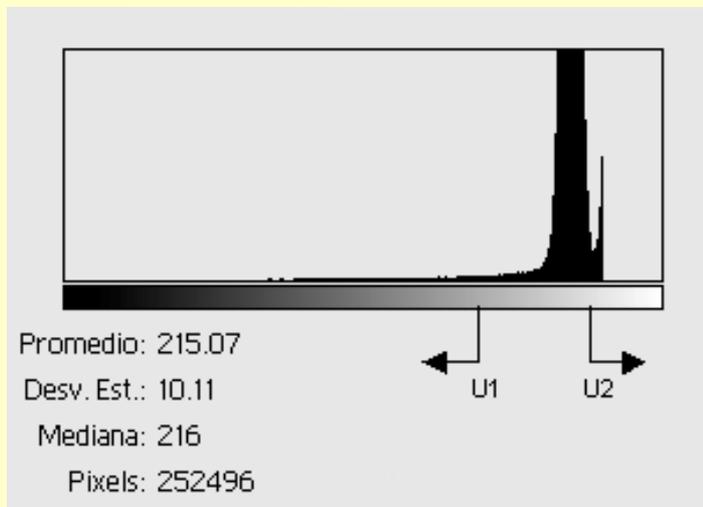
- Si $f(x, y) \leq \mathbf{U1}$ entonces $f(x, y) = 0$ (se reemplaza por un pixel negro)
- Si $f(x, y) \geq \mathbf{U2}$ entonces $f(x, y) = 255$ (se reemplaza por un pixel blanco)
- Si $f(x, y) > \mathbf{U1}$ y $f(x, y) < \mathbf{U2}$ entonces $f(x, y) = 128$ (se reemplaza por un nivel de gris intermedio)



Técnicas Utilizadas

3) Umbralamiento de la Imagen

- Para calcular los umbrales $U1$ y $U2$ se utilizan las colas del histograma de luminancias de la imagen.
- Se obtuvieron buenos resultados con un porcentaje del 1% para la cola izquierda y del 2% para la cola derecha.



Histograma de luminancias de la imagen original



Técnicas Utilizadas

3) Umbralamiento de la Imagen

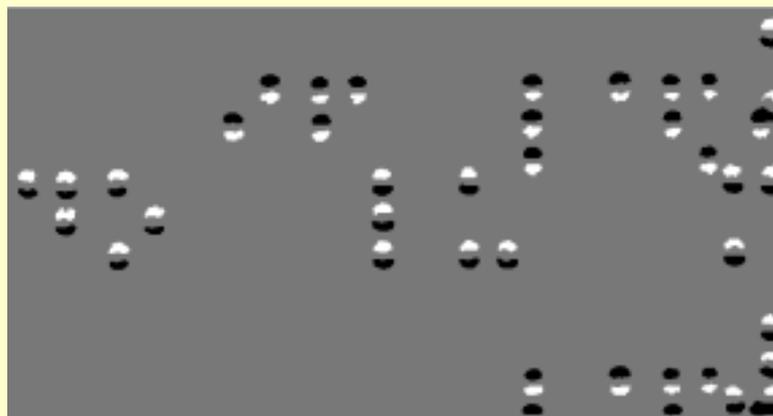


Imagen umbralada con umbrales óptimos

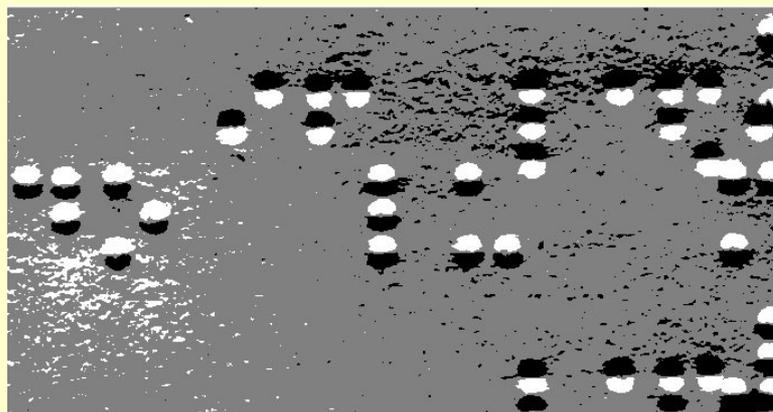
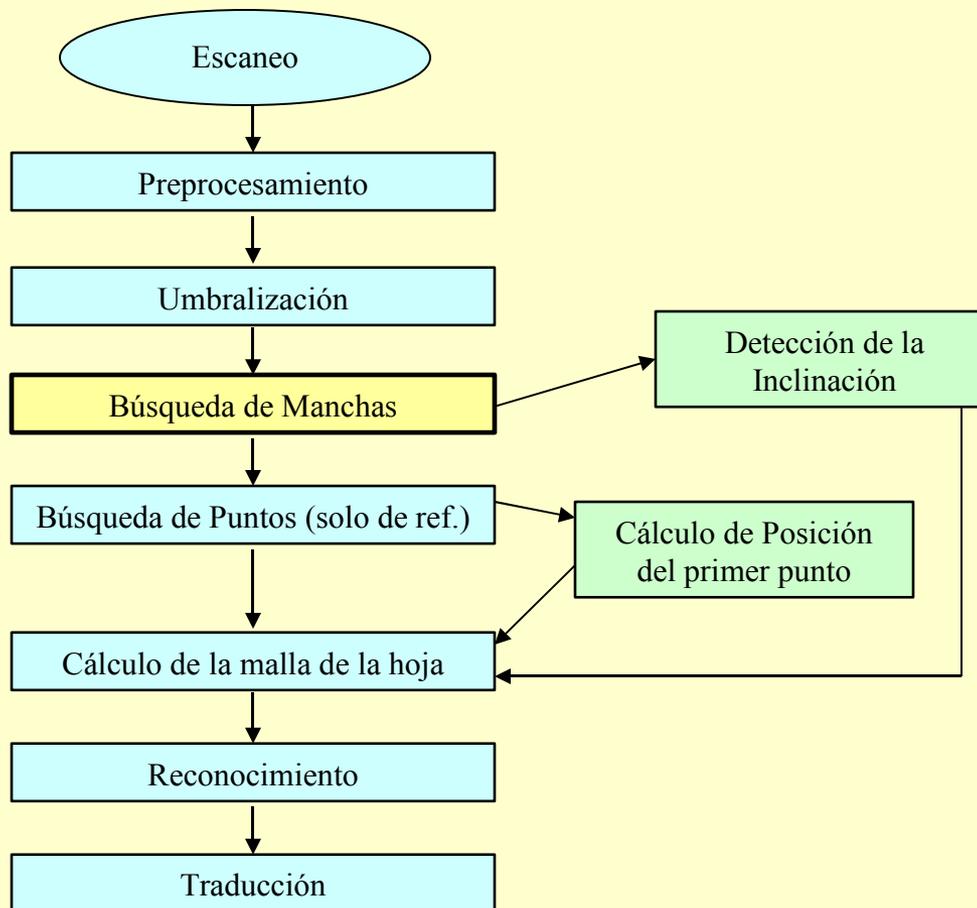


Imagen umbralada con umbrales mayores a los óptimos

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





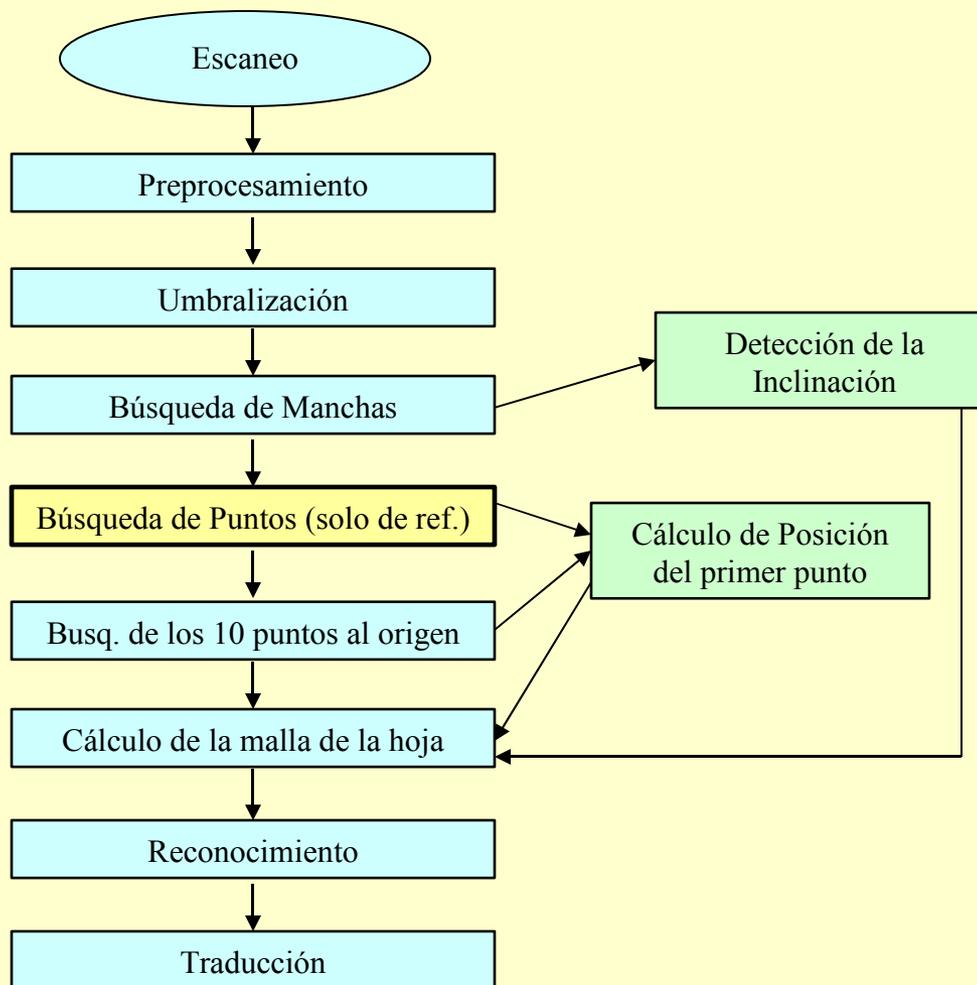
Técnicas Utilizadas

4) Búsqueda de manchas blancas y negras

- En esta etapa se pretende encontrar los centros de las manchas blancas y negras.
- Se descartaron algunos métodos propuestos por que no eran performantes, sobre todo cuando la hoja se presentaba inclinada.
- Se desarrolló un método que trabaja sobre la relación de píxeles vecinos a fin de encontrar las manchas.
- Luego se calcula el centro de las mismas.

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





Técnicas Utilizadas

5) Búsqueda de puntos Braille (solo de referencia)

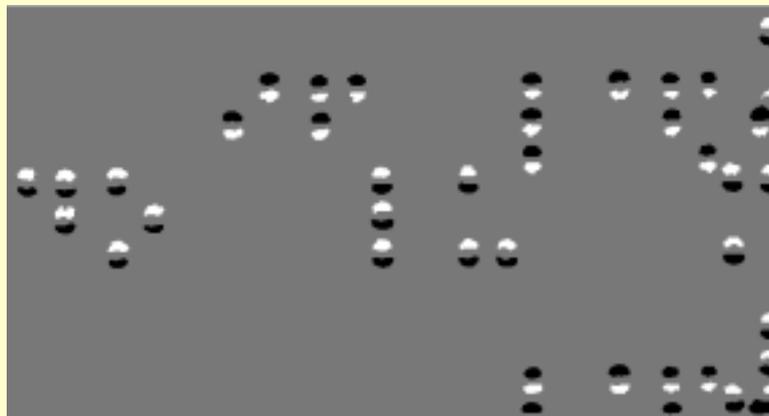
- Cada punto Braille viene dado por una mancha blanca arriba y una negra abajo (aproximadamente en la misma vertical).
- Se pretende encontrar los centros de los puntos Braille, pero solo como referencia para las etapas posteriores.
- Lo importante es no detectar puntos falsos, es decir puntos que no existen en la hoja. Esto puede pasar por manchas que se cuelan en la imagen, ya sea en el escaneo o en la etapa de umbralización.



Técnicas Utilizadas

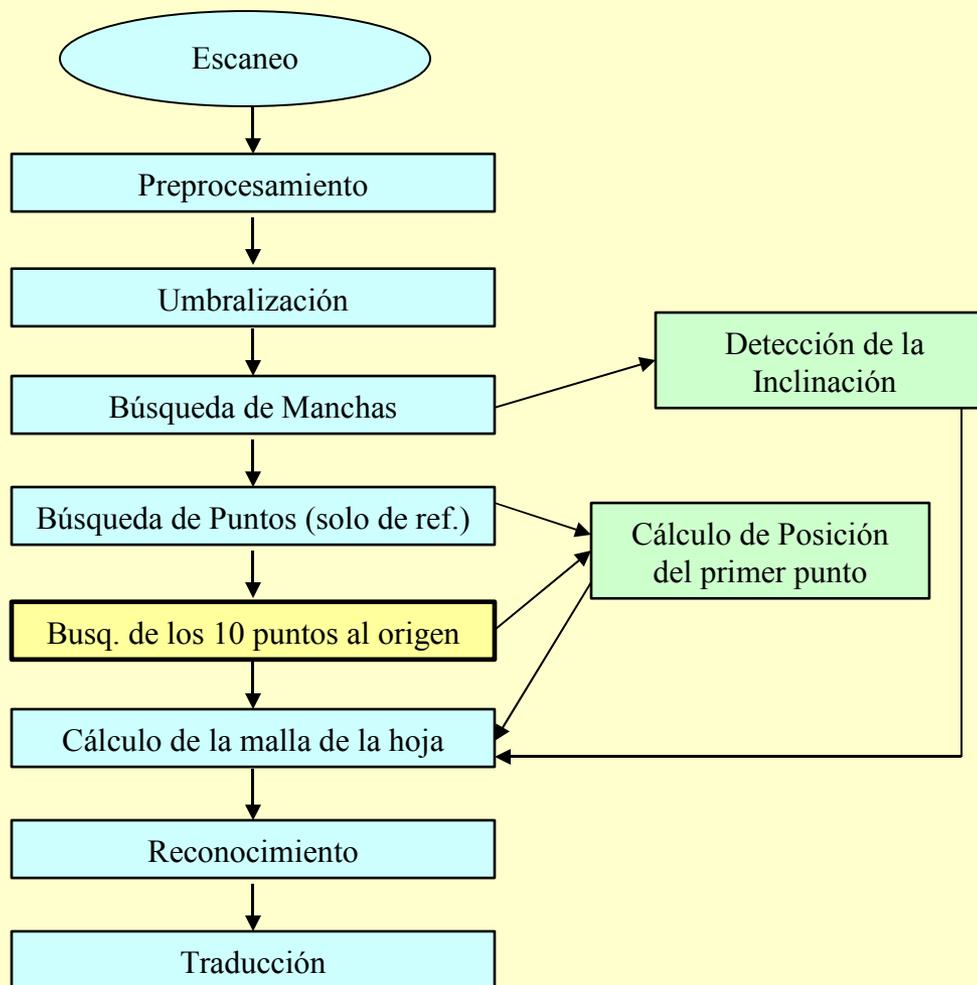
5) Búsqueda de puntos Braille (solo de referencia)

- Se recorre la lista de manchas blancas, para cada una se busca si hay una mancha negra debajo de ella.
- Se calcula su centro con la información de coordenadas de la mancha blanca que se esta procesando y la negra encontrada.
- La mancha negra que está por debajo de la blanca procesada se remueve de la lista de manchas negras.



Técnicas Utilizadas

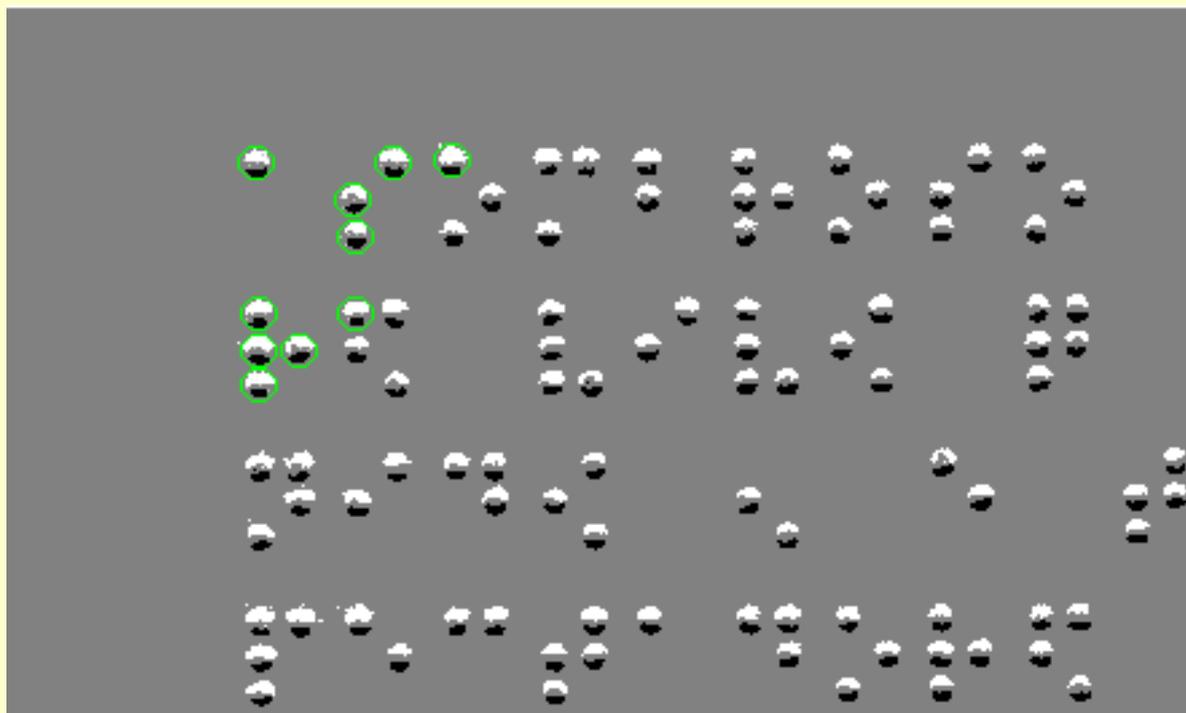
Etapas para el Reconocimiento Automático





Técnicas Utilizadas

6) Búsqueda de los 10 puntos más cercanos al origen



Los puntos marcados en verde son los diez más cercanos al origen



Técnicas Utilizadas

6) Búsqueda de los 10 puntos más cercanos al origen

- Se trabaja con las listas de puntos, buscando los diez puntos de coordenadas más cercanas al $(0, 0)$. La coordenada $(0, 0)$ corresponde al borde superior izquierdo de la imagen.
- Para calcular la distancia de cada punto al $(0, 0)$ se utiliza la formula de distancia de Pitagoras:

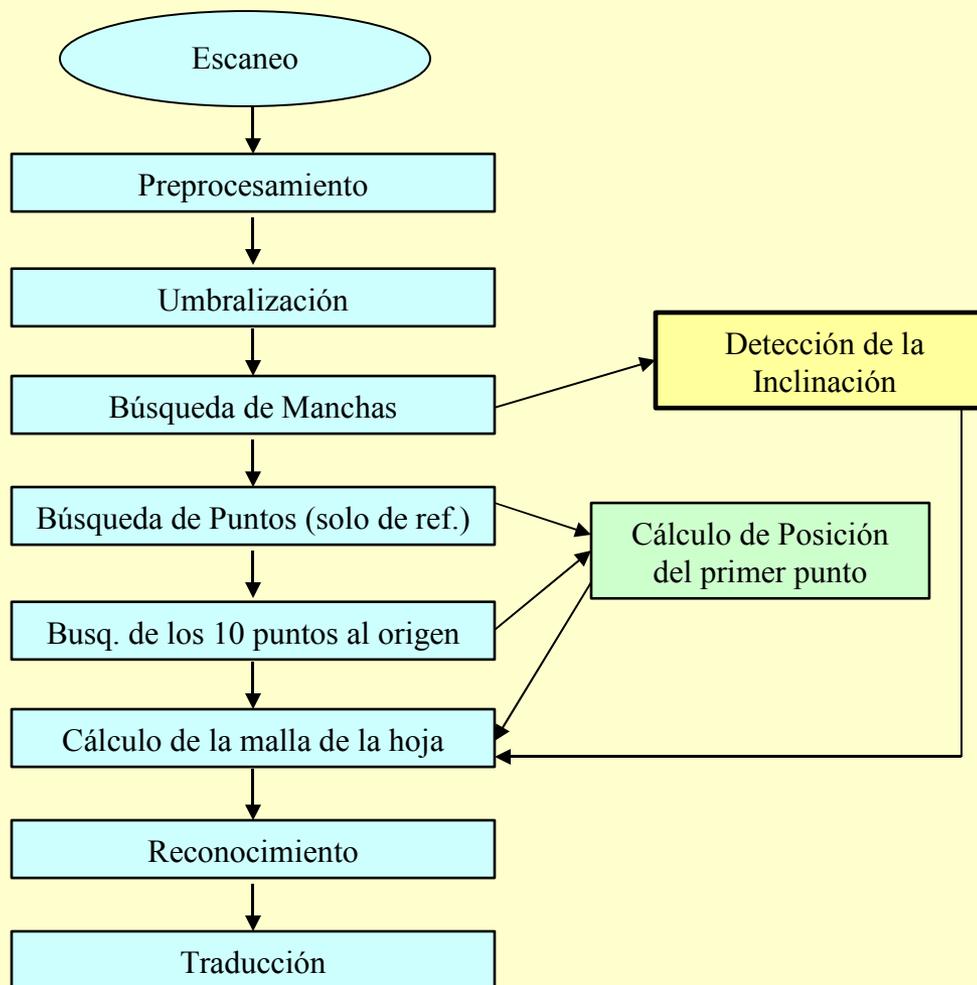
$$d^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2$$

que en este caso se reduce a:

$$d^2 = x_1^2 + y_1^2$$

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





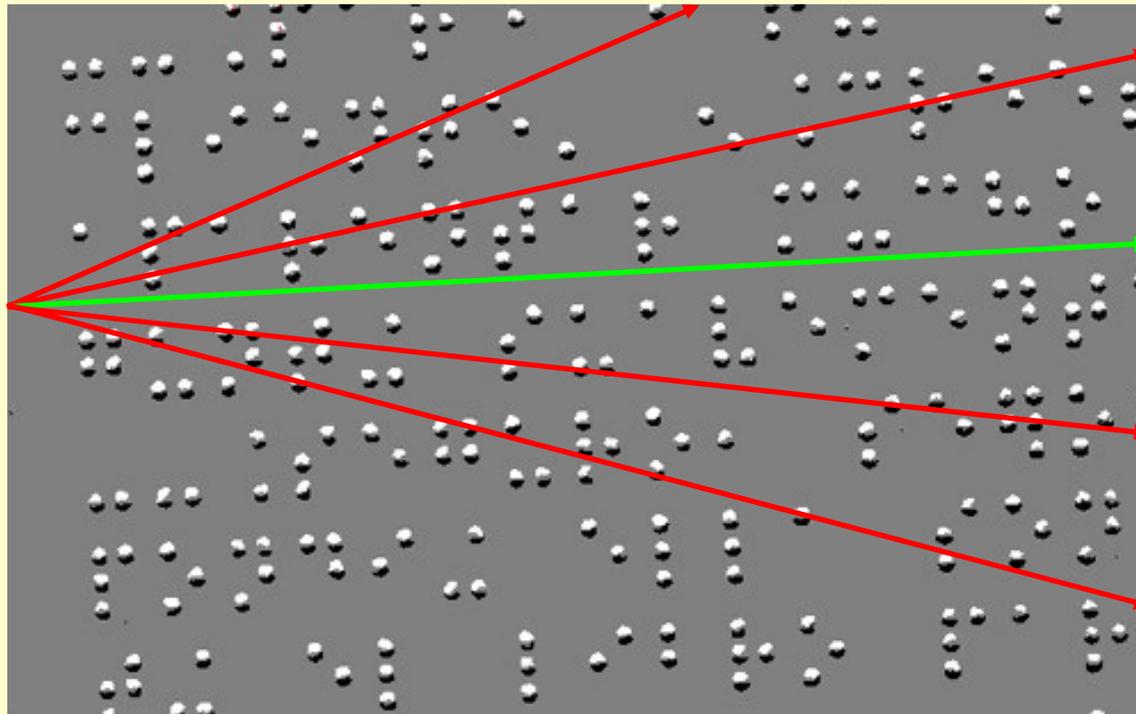
Técnicas Utilizadas

7) Detección de la inclinación de la hoja

- El método desarrollado trabaja en el dominio de la imagen. Se barre la imagen con diferentes ángulos. Para cada ángulo se suman los píxeles negros o blancos de cada fila.
- Se calcula la varianza de las sumas por fila. El ángulo que maximice la varianza es el ángulo de inclinación de la hoja.
- Se trabaja sobre una mitad de la hoja.
- Se hace una reducción de la resolución de la imagen de 1 en 5. Es decir al realizar las sumas por fila se avanza de a 5 píxeles.
- Aproximaciones sucesivas. En cada paso se busca el ángulo de inclinación con más precisión.
- De ésta forma se aumenta notablemente la performance a la vez que se mantiene la robustez y precisión del algoritmo.

Técnicas Utilizadas

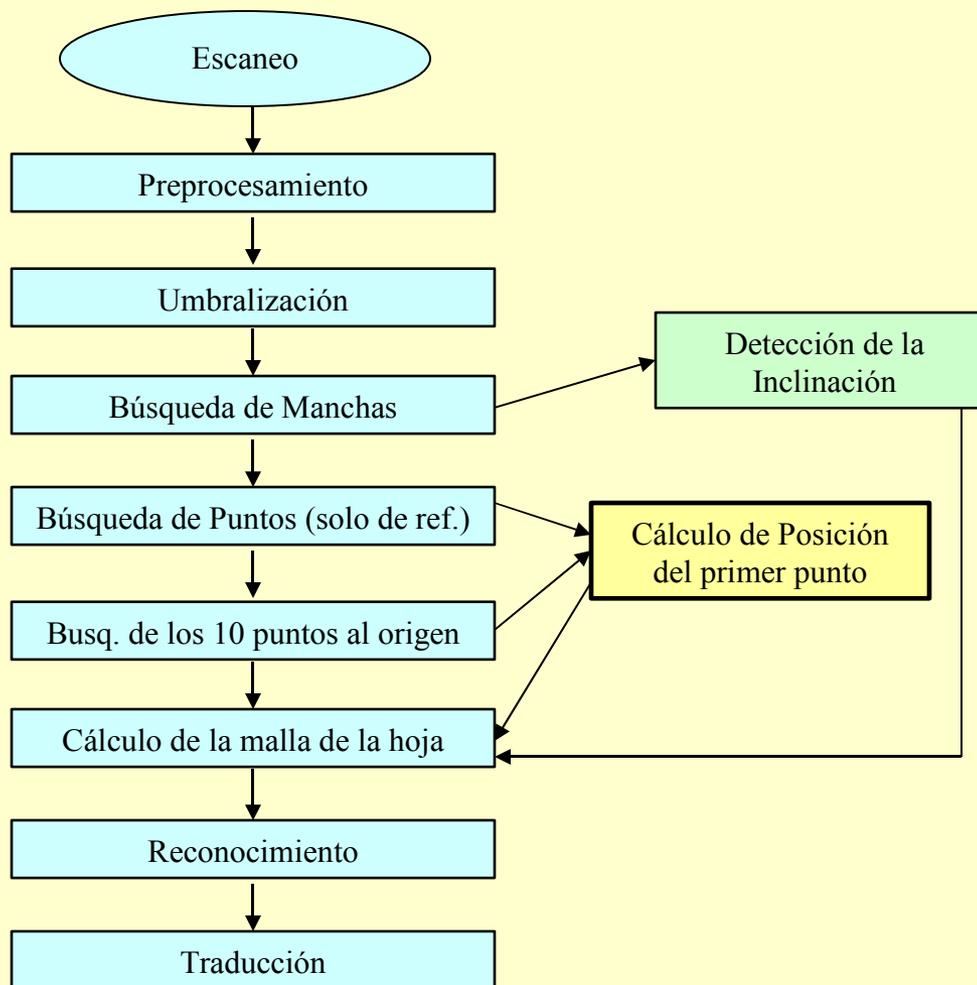
7) Detección de la inclinación de la hoja



Este ángulo maximiza la varianza de las sumas de los píxeles blancos y negros por fila.

Técnicas Utilizadas

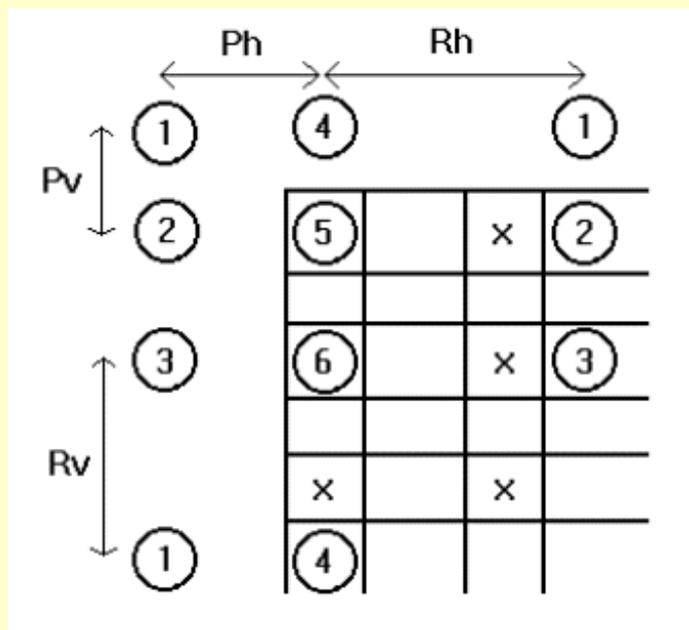
Etapas para el Reconocimiento Automático



Técnicas Utilizadas

8) Cálculo de posición del primer punto de la hoja

- Se utiliza la lista de los 10 puntos más cercanos al origen (antes calculada) considerando cada uno como posible punto inicial.
- Para cada punto se suponen las 6 posiciones posibles.



- Se recorre la malla (llamamos malla al conjunto de posibles puntos de la hoja) contando los puntos de entrada que son ‘encajados’.
- La máxima de esas 60 cuentas determina el punto de referencia inicial.

En la figura se ve el momento en que el algoritmo supone que el punto 5 del primer caracter está en la posición 1 del caracter. Como se parte de una suposición falsa se buscan puntos en muchas posiciones incorrectas (marcadas con X).



Técnicas Utilizadas

8) Cálculo de posición del primer punto de la hoja

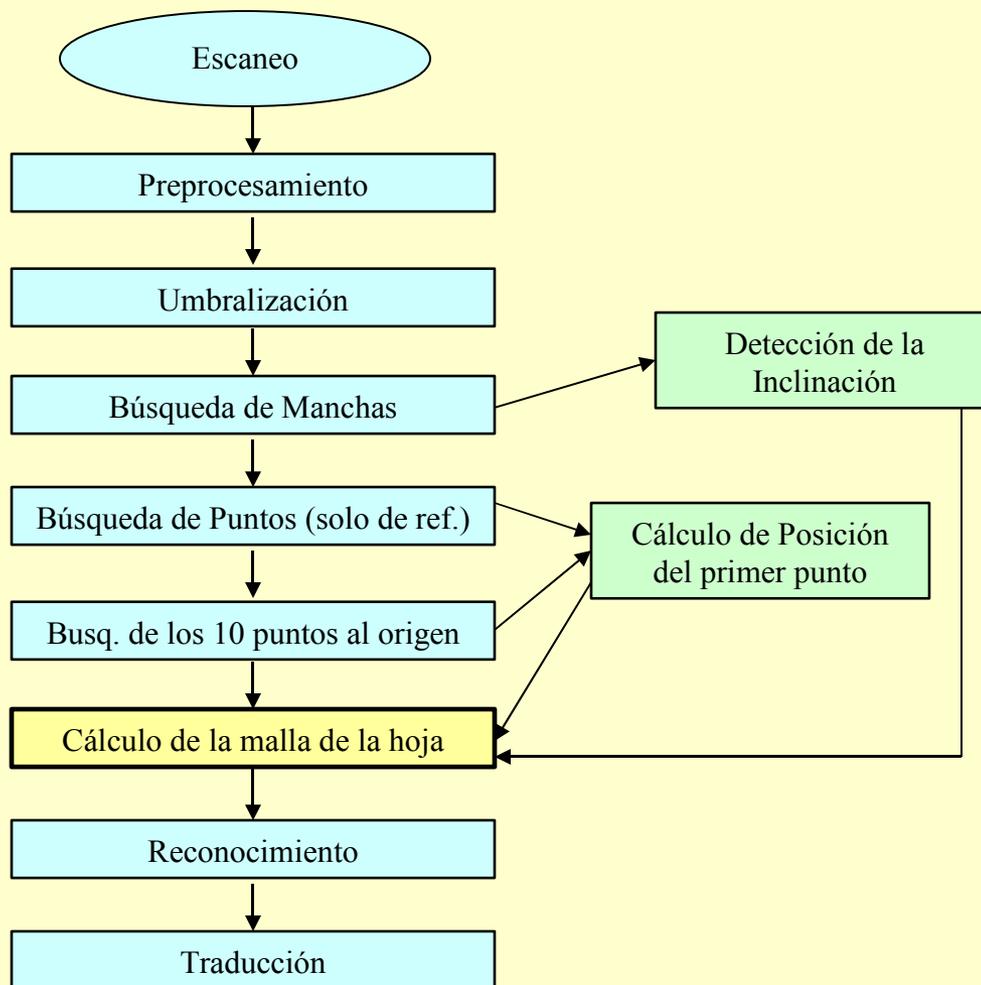
Para hacer más robusto este algoritmo frente al ruido se tienen en cuenta dos aspectos:

- Se permite cierto margen de error en la búsqueda de puntos (encajado).
- No se realiza la búsqueda en toda la hoja sino en un número limitado de filas y columnas a partir del punto de estudio. De esta forma el algoritmo es más rápido y además compensa pequeños errores en el ángulo de inclinación calculado.



Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





Técnicas Utilizadas

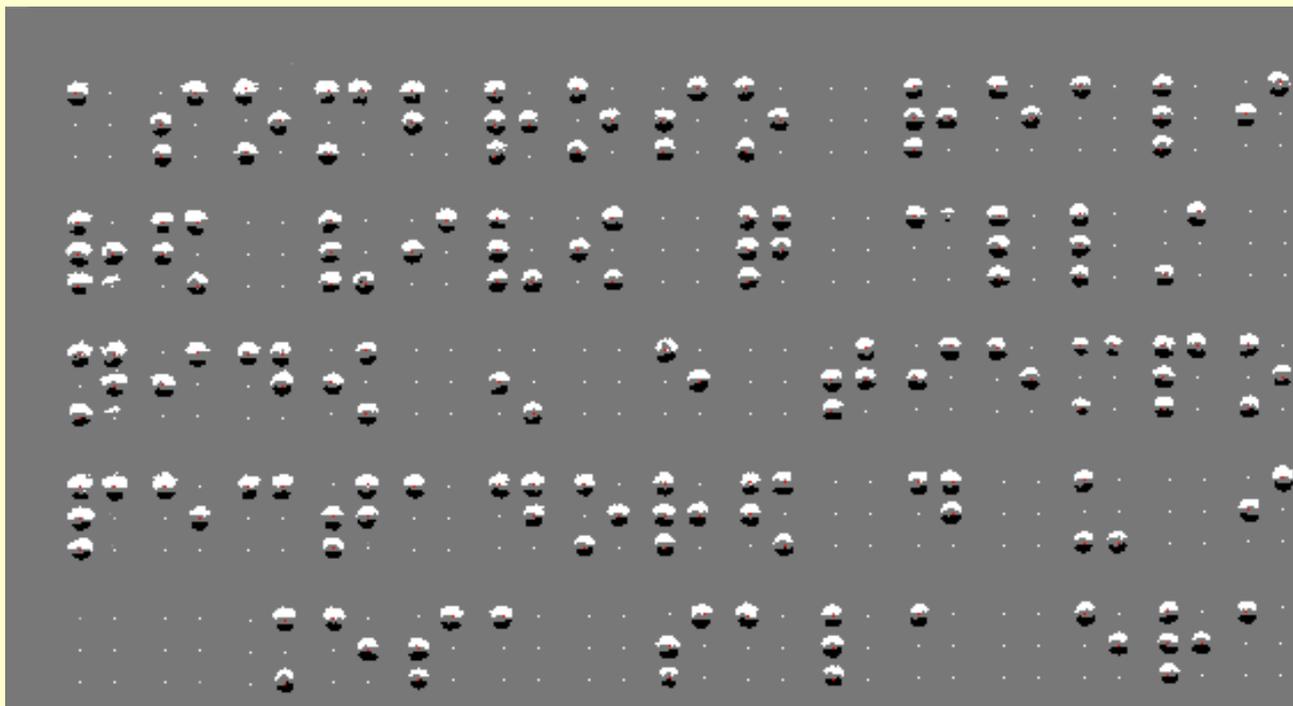
9) Cálculo de todos los posibles puntos de la hoja

- Llamamos malla al conjunto de posibles puntos de la hoja.
- Se construye partiendo del punto de referencia inicial (previamente calculado), colocando sobre él, una plantilla de tamaño un caracter.
- La plantilla se moverá en todas direcciones hasta los límites de la hoja determinando todos los puntos posibles.
- El movimiento de la plantilla se hace teniendo en cuenta las distancias estándar entre caracteres Braille y el ángulo de inclinación calculado anteriormente.



Técnicas Utilizadas

9) Cálculo de todos los posibles puntos de la hoja

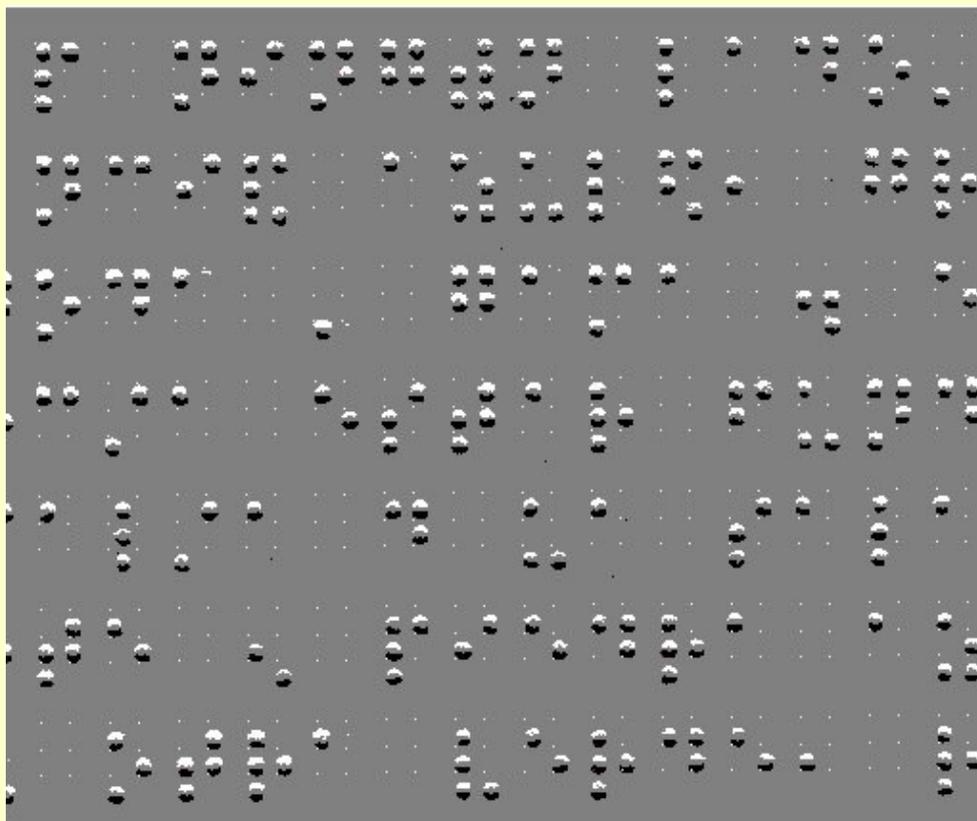


Los puntitos blancos son los posibles puntos Braille de la hoja (malla). Los que están en rojo son puntos de la malla que coinciden con los puntos Braille reales de la hoja. Cada conjunto de 6 puntitos es una plantilla de carácter Braille.



Técnicas Utilizadas

9) Cálculo de todos los posibles puntos de la hoja



Surgió un problema al desplazar la plantilla sobre la imagen:

Al avanzar hacia la derecha se iba perdiendo precisión. Las plantillas quedaban desfasadas con respecto a la posición donde deberían haber quedado. Este error es acumulativo.

Sucede algo similar cuando se avanza hacia abajo.



Técnicas Utilizadas

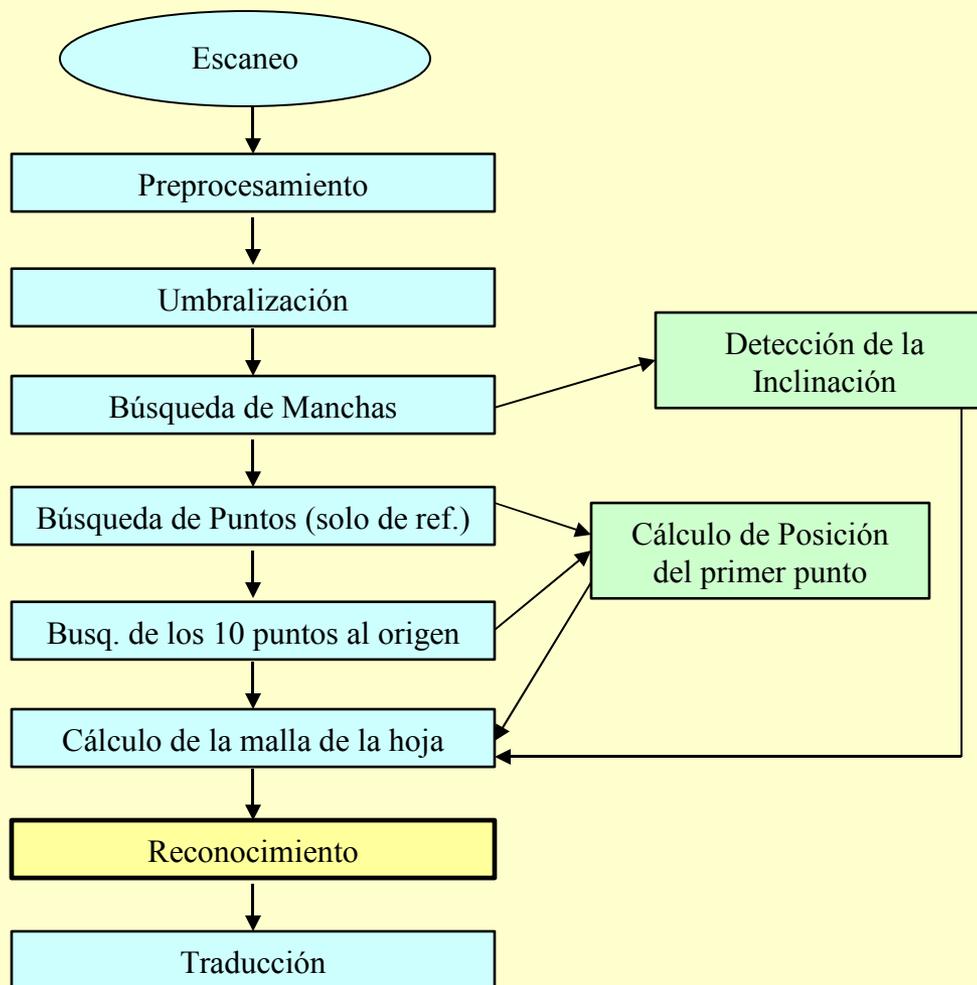
9) Cálculo de todos los posibles puntos de la hoja

Para solucionar este inconveniente se crea la malla de forma **adaptativa**:

- Al posicionar la plantilla se busca en la lista de puntos Braille (calculada en la etapa 4) para ver cuantos puntos son encajados en esa posición.
- Si no se encaja ninguno se avanza hacia el próximo caracter, pero si se encajan puntos, la plantilla (para esa posición) se centra basandose en ellos.
- El próximo movimiento de la plantilla será relativo a la posición actual de la plantilla adaptada, evitando la acumulación del error.

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático

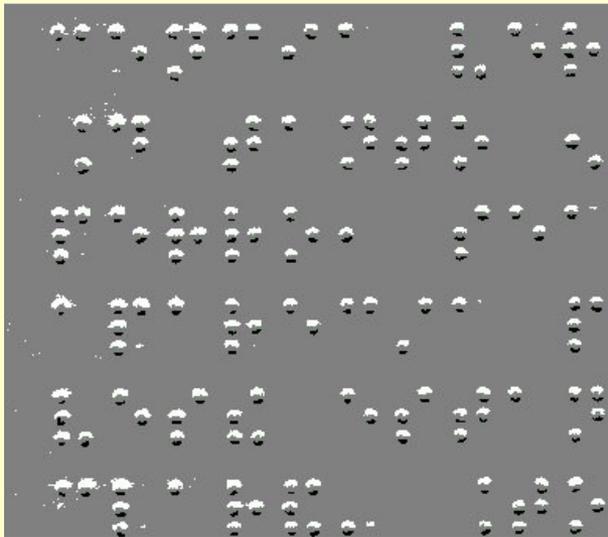




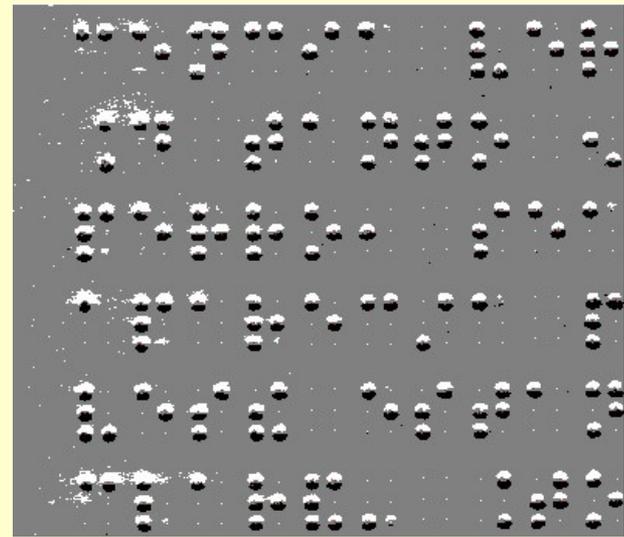
Técnicas Utilizadas

10) Reconocimiento de los puntos Braille

- Al tener calculada la malla, se sabe en que ubicaciones de la imagen se debe investigar para determinar cuales puntos estan **activos** y cuales no.
- Es conveniente umbralar la imagen original con umbrales más grandes que los utilizados anteriormente.



Umbrales de la etapa anterior



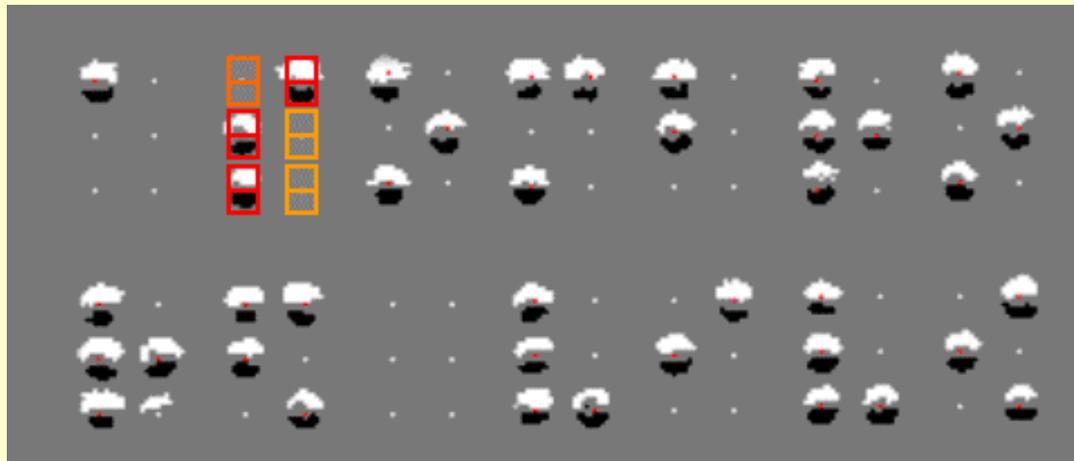
Umbrales más grandes



Técnicas Utilizadas

10) Reconocimiento de los puntos Braille

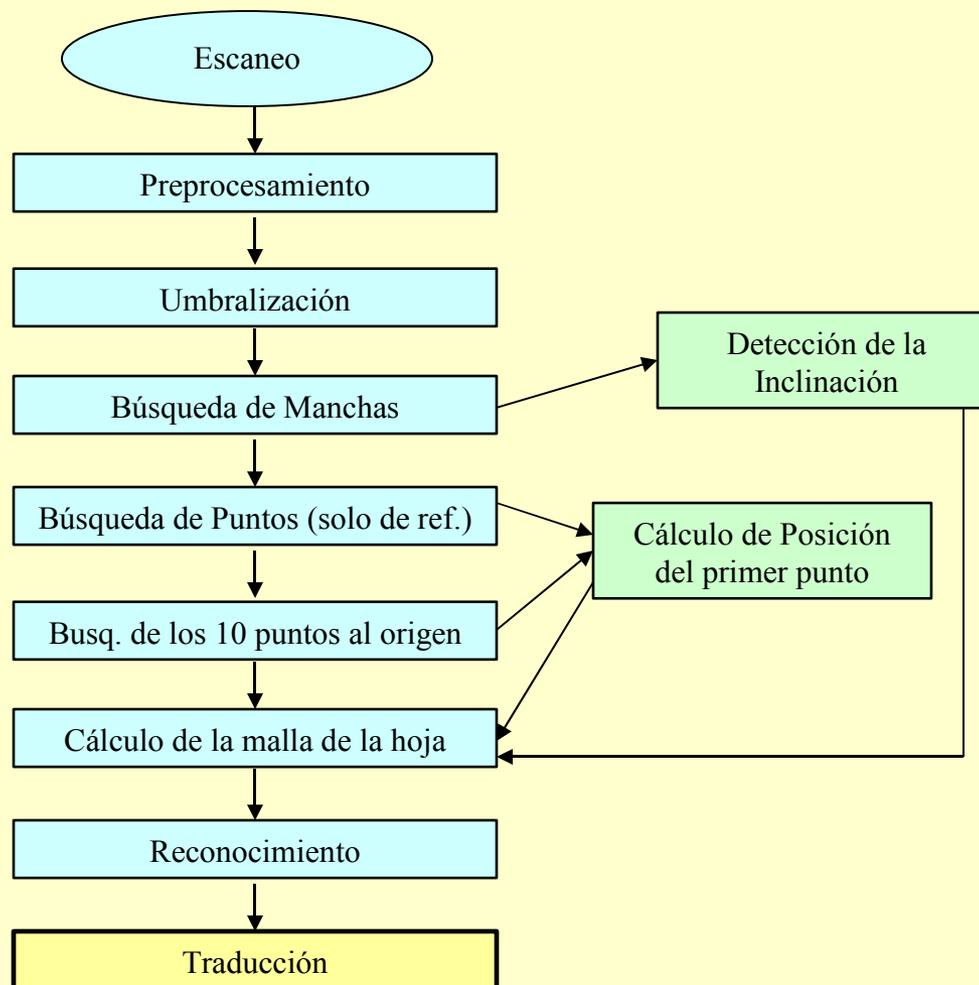
Se busca para cada punto de la malla el patrón mancha blanca arriba, mancha negra abajo. Si se encuentra, este punto se marca como **activo**.



En esta imagen, en el segundo caracter se ha determinado que están activos los puntos de los rectangulos rojos

Técnicas Utilizadas

Etapas para el Reconocimiento Automático





Técnicas Utilizadas

10) Traducción a texto digital

- Se sabe para cada caracter Braille de la malla cuales son los puntos que están activos y cuales no.

- Se realiza el siguiente cálculo:

$$c(p) = 32 * v(p_6) + 16 * v(p_5) + 8 * v(p_4) + 4 * v(p_3) + 2 * v(p_2) + v(p_1)$$

- Donde $v(p_x)$ es 1 si el punto p_x del caracter que se está procesando está activo y 0 en caso contrario.

- El valor $c(p)$ calculado va a estar entre 0 y 63 y se utiliza como índice de acceso a una tabla que contiene el alfabeto.



Técnicas Utilizadas

Reconocimiento de hojas de tamaño mayor que A4

Se puede escanear una hoja A3 en un escaner A4, pero con las siguientes consideraciones:

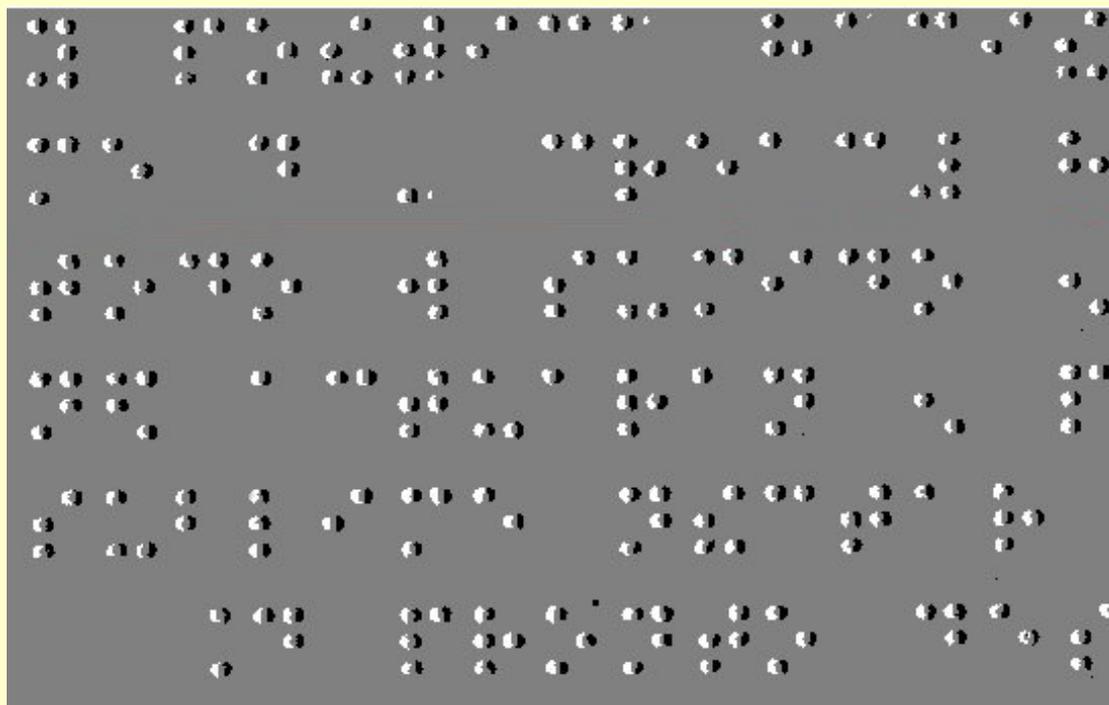
- Hay que rotar la hoja.
- Los puntos Braille ya no vienen dados por mancha blanca arriba, mancha negra abajo; sino por mancha blanca a la izquierda, mancha negra a la derecha.
- Hay que realizar un merge en la traducción.





Técnicas Utilizadas

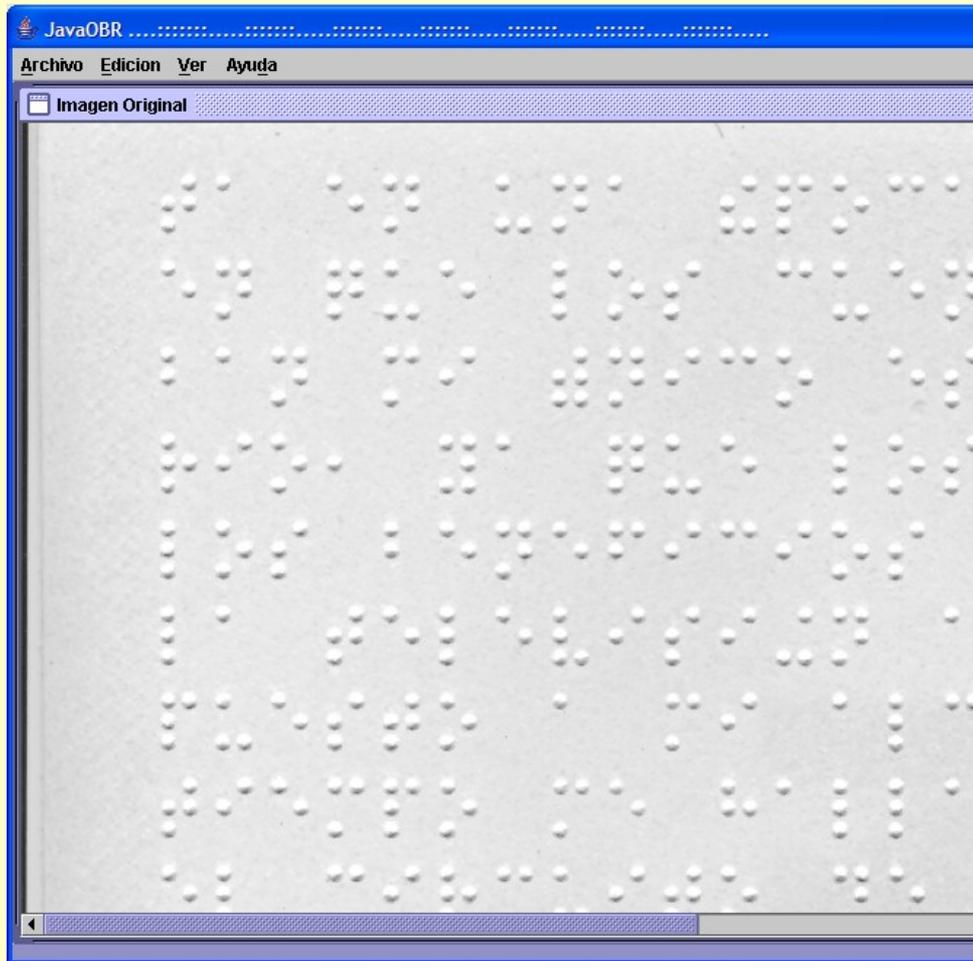
Reconocimiento de hojas de tamaño mayor que A4



Pruebas y Resultados Obtenidos

- Se utilizaron 10 hojas tamaño A4 que en promedio tenían 4900 puntos (aproximadamente 800 caracteres).
- Las pruebas consistieron en escanear y procesar con la herramienta desarrollada las hojas para ver cuantos caracteres reconocía correctamente y cuales eran los tiempos de procesamiento.
- Se utilizó un scanner HP 3800 y una computadora con un procesador Sempron 2800+ y memoria de 512 MB.
- Tiempo promedio de proceso, 7 segundos a 150 DPI y 12 segundos a 300 DPI.
- Porcentaje de caracteres reconocidos correctamente 99%.

Pruebas y Resultados Obtenidos



Hoja Braille escaneada con la
Herramienta desarrollada

Pruebas y Resultados Obtenidos

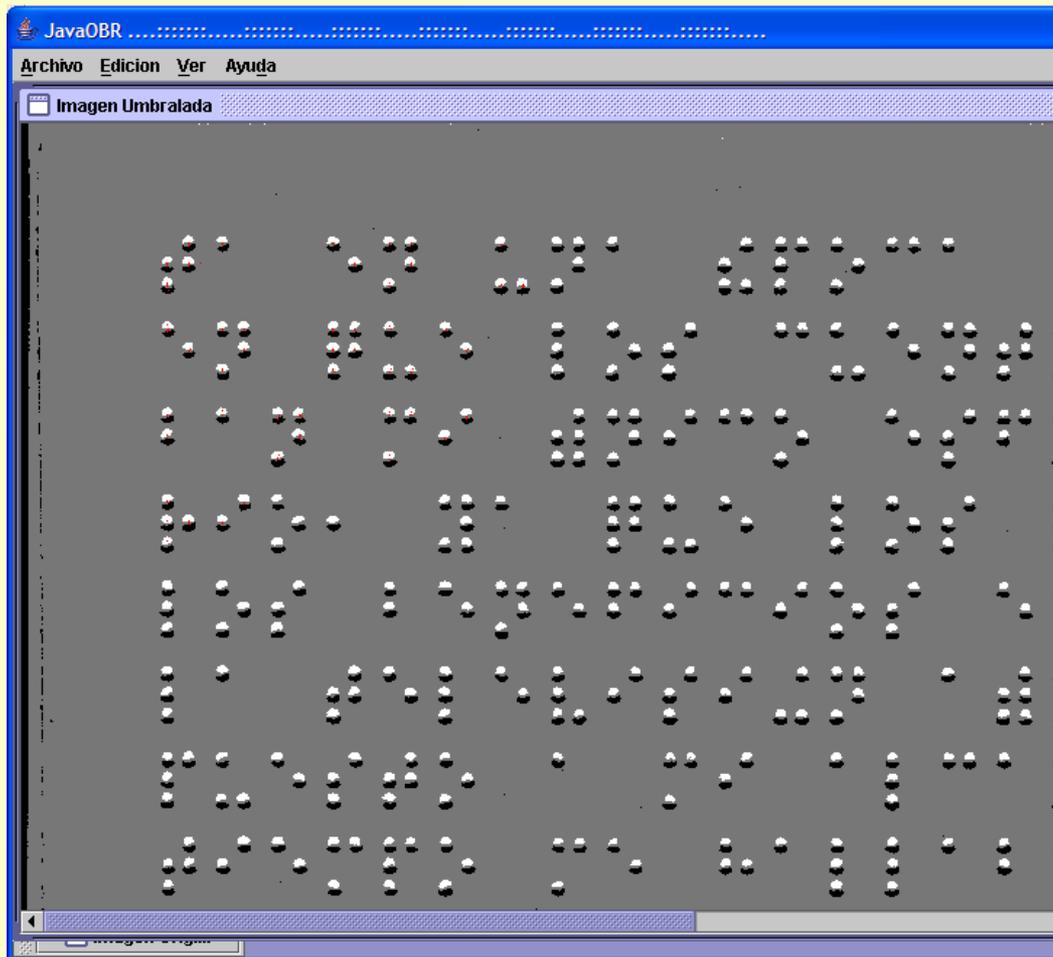


Imagen de la hoja luego de ser umbralizada a fin de obtener las manchas blancas y negras

Pruebas y Resultados Obtenidos

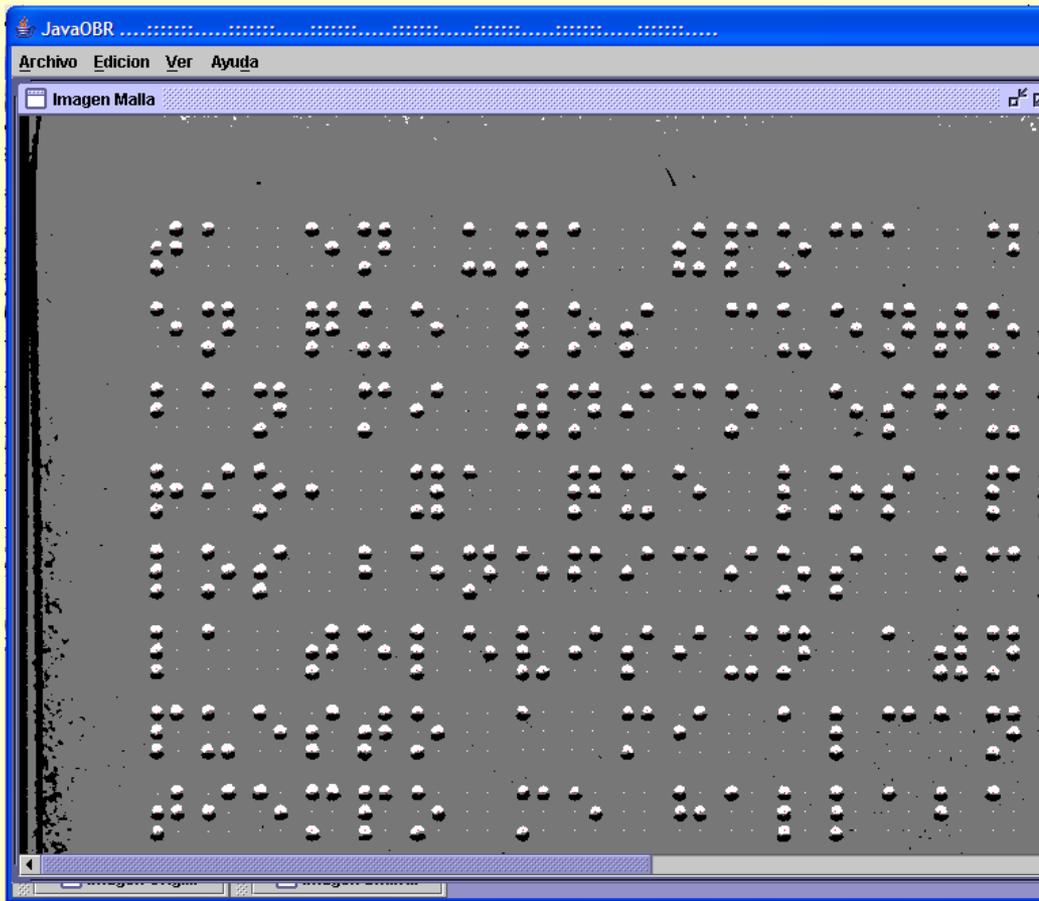
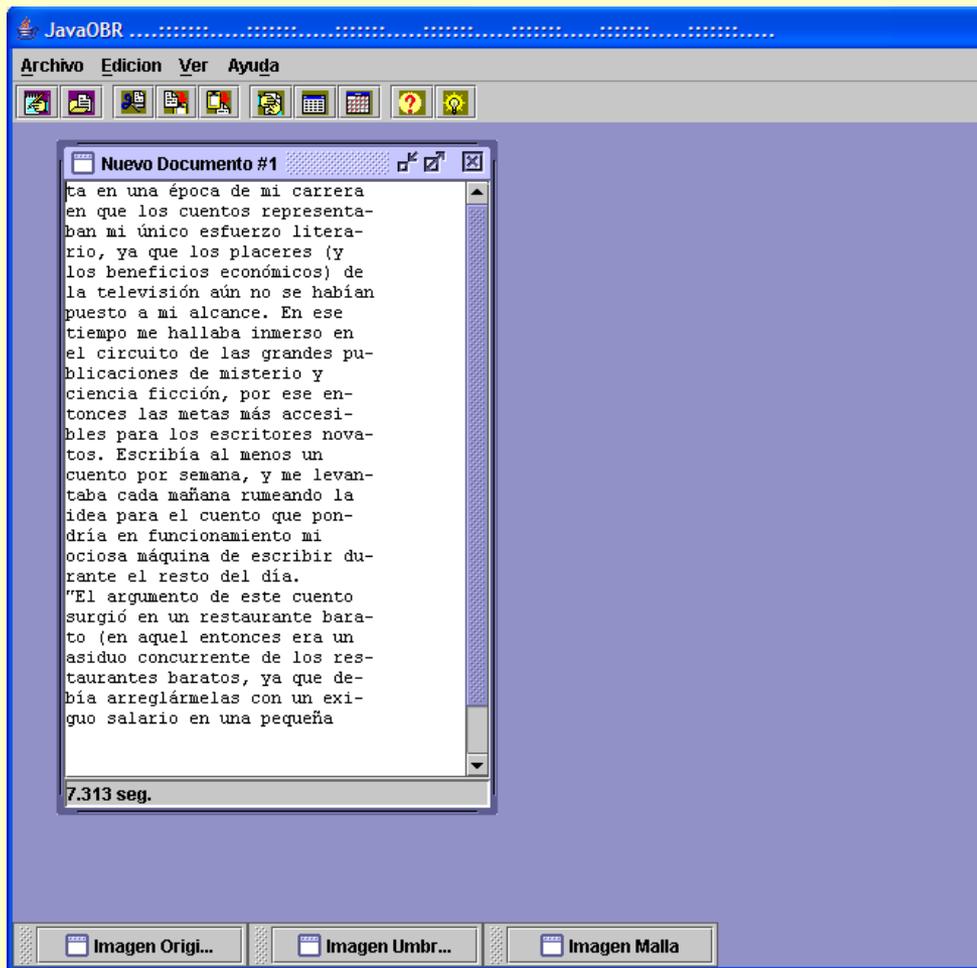


Imagen de la hoja Braille
luego de construir la malla de
posibles puntos.

Pruebas y Resultados Obtenidos



Traducción en texto digital
una vez finalizado el proceso.



Conclusiones

- Se desarrollaron métodos ad-hoc para cada una de las etapas del reconocimiento.
- Se logró desarrollar una herramienta que permite reconocer los caracteres formados por los puntos de una hoja Braille y realizar su traducción obteniendo el texto digital correspondiente, a partir de la imagen obtenida por un escáner convencional.
- Trabaja con hojas simple faz, corrigiendo la inclinación de la misma si fuera necesario. Este giro está limitado a ± 5 grados. Si se detecta que la inclinación es mayor se pedirá al usuario que corrija la posición y vuelva a realizar la operación.
- En el desarrollo de esta tesis se ha tenido la posibilidad de hablar con personas videntes y no videntes de institutos como la “Biblioteca Braille” de la ciudad de La Plata, la fundación T.I.F.L.O.S o la “Editora Nacional Braille y Libro Parlante”, expresando ellos entusiasmo y alegría por el desarrollo de una herramienta de estas características.



Trabajos Futuros

- Procesamiento de hojas doble faz:
La escritura Braille puede realizarse a doble faz. Este tipo de escritura se llama Braille interpunto. La segmentación de imágenes de hojas Braille de este tipo es compleja y costosa.
- Detección automática de tamaño y distancia entre puntos:
Agregar algoritmos y procesos de detección automática de este tipo de parámetros podría ser útil para los usuarios de esta herramienta.



Gracias!